



Messungen von Feinstaub und Staubinhaltsstoffen in ausgewählten Schwarzwaldtälern

 Ergebnisse der Messungen 2019



Messungen von Feinstaub und Staubinhaltsstoffen in ausgewählten Schwarzwaldtälern

 Ergebnisse der Messungen 2019

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, poststelle@lubw.bwl.de www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	Referat 33 – Luftqualität, Immissionsschutz
DATENGRUNDLAGE	Referat 62 – Betrieb Messnetze, Zentrale Logistik Referat 64 – Labor für Luftmessungen und stofflichen Verbraucherschutz
STAND	Mai 2020

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG		4
1	EINLEITUNG UND RECHTLICHE GRUNDLAGEN	5
2	AUSWAHL DER MESSSTANDORTE	6
3	ART UND UMFANG DER MESSUNGEN	8
4	ERGEBNISSE UND BEWERTUNG DER MESSUNGEN VON PARTIKEL PM_{2,5} UND PARTIKEL PM₁₀ SOWIE BENZO[A]PYREN	9
5	ERGEBNISSE UND BEWERTUNG DER MESSUNGEN VON LEVOGLUCOSAN	16
6	ANHANG	19
6.1	Quellenverzeichnis	19
6.2	Spezifischer Endenergiebedarf von Städten und Gemeinden in Baden-Württemberg	20
6.3	Bewertung der Topographie	22
6.4	Messverfahren	24
6.5	Dokumentation der Messstandorte	25
6.6	Eintrag von Saharastaub nach Baden-Württemberg	34

Zusammenfassung

Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg führte vom 1. Januar bis 31. Dezember 2019 Messungen von Feinstaub und Inhaltsstoffen in den drei Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal durch. Ziel der Messungen war es, den Einfluss von Holzfeuerungen auf die Feinstaubbelastung und deren Inhaltsstoffe zu untersuchen und zu bewerten.

Für die Feinstaubfraktionen Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ sowie für den Staubinhaltsstoff Benzo[a]pyren sind in der 39. BImSchV [39. BImSchV] entsprechende Immissionsgrenzwerte bzw. ein Zielwert festgelegt. Die Immissionsgrenzwerte und Zielwerte sind auf ein Kalenderjahr bezogen.

Die Messergebnisse zeigen für Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ eine sichere Einhaltung der Immissionsgrenzwerte. Auch der Zielwert für Benzo[a]pyren wird sicher eingehalten. Für Partikel PM_{10} werden auch die strengen Leitwerte der WHO an allen drei Messstandorten eingehalten. Für Partikel $PM_{2,5}$ wird der WHO-Leitwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Kalenderjahr nur in Schuttertal knapp überschritten. Der WHO-Leitwert für den Tag von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in Forbach 5 Mal, im Kleinen Wiesental 3 Mal und in Schuttertal 16 Mal im Kalenderjahr überschritten.

Die Messergebnisse zeigen für Benzo[a]pyren eine sichere Einhaltung des Zielwertes. Erwartungsgemäß sind die Konzentrationen von Benzo[a]pyren in der Heizperiode (Januar, Februar, November und Dezember) höher als in den Sommermonaten, da der Anteil von Benzo[a]pyren im Feinstaub durch den Emissionsbeitrag aus Holzfeuerungen dominiert wird. Die Monatsmittelwerte zeigen, dass in der Gemeinde Schuttertal der Emissionsbeitrag der Holzfeuerungen zur Feinstaubbelastung höher ausfällt als in den Gemeinden Forbach und Kleines Wiesental.

Die Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung erfolgte anhand der Levoglucosankonzentration in der Partikelfraktion PM_{10} . Signifikante Holzfeuerungsanteile treten wie erwartet überwiegend nur in den Wintermonaten auf. In den Sommermonaten liegen die Levoglucosankonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze des Messverfahrens von $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, so dass keine Holzfeuerungsanteile bezogen auf die Partikel PM_{10} -Konzentrationen berechnet wurden.

In Schuttertal konnte an 154 Tagen im Jahr 2019 ein signifikanter Holzfeuerungsanteil in der Partikelfraktion PM_{10} nachgewiesen werden. In Forbach trat nur an 116 Tagen und im Kleinen Wiesental an 141 Tagen ein signifikanter Holzfeuerungsanteil in der Partikelfraktion PM_{10} auf. Beim maximalen, minimalen und mittleren Holzfeuerungsanteil lagen die Schwarzwaldgemeinden eng beieinander. Die mittleren Holzfeuerungsanteile liegen bei den Schwarzwaldgemeinden mit 24 bis 27 Prozent deutlich höher als zum Beispiel bei der städtischen Hintergrundmessstation Stuttgart-Bad Cannstatt, die einen mittleren Holzfeuerungsanteil von 15 Prozent aufweist. Die kleinstädtisch geprägte städtische Hintergrundmessstation Gärtringen weist hingegen einen ähnlich hohen mittleren Holzfeuerungsanteil von 26 Prozent auf.

1 Einleitung und rechtliche Grundlagen

Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg führte vom 1. Januar bis 31. Dezember 2019 Messungen von Feinstaub und Inhaltsstoffen in den drei Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal durch.

Hintergrund der Messungen sind Untersuchungen der LUBW, bei denen ein signifikanter Anteil von Holzfeuerungen an der Immissionsbelastung von Partikel PM₁₀ (Feinstaub) festgestellt wurde. Außerdem haben die Untersuchungen der LUBW in der Vergangenheit gezeigt, dass der Anteil von Benzo[a]pyren im Feinstaub durch den Emissionsbeitrag aus Holzfeuerungen dominiert wird.

Für Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} sowie Benzo[a]pyren sind in der 39. BImSchV Immissionsgrenzwerte bzw. ein Zielwert festgelegt [39. BImSchV]. Außerdem hat die World Health Organization (WHO) für Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} Leitwerte für die Luftqualität (Air quality guidelines) abgeleitet, die strengere Anforderungen an die Luftqualität stellen als die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV (siehe Tabelle 1-1). Die Immissions- und Leitwerte gelten für das „Schutzgut Menschliche Gesundheit“.

Benzo[a]pyren gehört zur Stoffgruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und gilt als krebserregend, erbgutverändernd (mutagen) und reproduktionstoxisch [CLP].

Der vorliegende Bericht stellt die Messergebnisse für das Jahr 2019 für die Immissionsbelastung von Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} sowie Benzo[a]pyren dar. Außerdem wird eine Abschätzung des Emissionsbeitrages aus Holzfeuerungen auf die Feinstaubbelastung über den Staubinhaltsstoff Levoglucosan vorgenommen.

Tabelle 1-1: Immissionswerte für Luftschadstoffe

Immissionswert	Mittelungszeitraum	Definition des Immissionswertes	Rechtsgrundlage
Partikel PM₁₀			
50 µg/m ³	1 Tag	Immissionsgrenzwert (35 Überschreitungen sind im Kalenderjahr zulässig)	39. BImSchV 2010
50 µg/m ³	1 Tag	Leitwert für die Luftqualität	WHO 2005
40 µg/m ³	Kalenderjahr	Immissionsgrenzwert	39. BImSchV 2010
20 µg/m ³	Kalenderjahr	Leitwert für die Luftqualität	WHO 2005
Partikel PM_{2,5}			
25 µg/m ³	1 Tag	Leitwert für die Luftqualität	WHO 2005
25 µg/m ³	Kalenderjahr	Immissionsgrenzwert	39. BImSchV 2010
10 µg/m ³	Kalenderjahr	Leitwert für die Luftqualität	WHO 2005
Benzo[a]pyren in der Partikelfraktion PM₁₀			
1 ng/m ³	Kalenderjahr	Zielwert	39. BImSchV 2010

2 Auswahl der Messstandorte

Die Messstandorte, bei denen mit einem signifikanten Beitrag von Holzfeuerungen an der Partikel PM₁₀-Immissionsbelastung zu rechnen ist, wurden wie folgt ausgewählt:

- Auswahl von Städten und Gemeinden in Baden-Württemberg mit den höchsten Anteilen an Festbrennstoffen auf dem Stadt- bzw. Gemeindegebiet unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl (spezifischer Endenergiebedarf in MJ pro Einwohner). Grundlage für die Auswertung ist das Emissionskataster Baden-Württemberg von 2014 [LUBW, 2017].
- Bewertung der Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg mit dem höchsten spezifischen Endenergiebedarf (TJ pro Einwohner) an Hand der topografischen Lage. In erster Priorität wurden Gemeinden in Tallagen mit eingeschränktem Luftaustausch für die Messungen ausgewählt.

Die 1101 Gemeinden in Baden-Württemberg weisen einen spezifischen Endenergiebedarf pro Einwohner für Festbrennstoffe von 410 MJ (Bad Schönborn) bis 28.920 MJ (Böllen) auf. Für die weitere Auswahl wurden nur noch Städte und Gemeinden betrachtet mit über 1.000 Einwohnern (Betroffenheit) und einem spezifischen Endenergiebedarf pro Einwohner für Festbrennstoffe von über 9.000 MJ. Auf diese Weise erhält man 71 Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg, deren spezifischer Endenergiebedarf pro Einwohner für Festbrennstoffe zwischen 9.088 und 15.235 MJ liegt (siehe 5.2 Anhang).

In einem weiteren Schritt wurden alle 71 Städte und Gemeinden auf Grund ihrer geografischen und topografischen Lage (ländliche Räume und enge Täler) bewertet. Die Bewertung erfolgte händisch mit Hilfe von Google Maps und einem 3D-Topographie-Programm der LUBW (RipScene3D).

Die Städte und Gemeinden wurden in drei Kategorien eingeteilt:

- Geeignet für Messungen auf Grund der topografischen Lage: +
- Bedingt geeignet für Messungen auf Grund der topografischen Lage: (+)
- Nicht geeignet für Messungen auf Grund der topografischen Lage: -

Von den 71 Städten und Gemeinden wurden 9 als geeignet, 11 als bedingt geeignet und 51 als nicht geeignet eingestuft. Die ausgewählten Gemeinden liegen wie vermutet fast ausschließlich im Schwarzwald (siehe 5.3 Anhang). In der Abbildung 2.1 sind die geeigneten und bedingt geeigneten Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg aufgeführt.

Die als geeignet bewerteten Gemeinden wurden von der LUBW vor Ort in Augenschein genommen. Letztendlich wurden die Gemeinden Forbach, Schuttertal und Kleines Wiesental ausgewählt, die sowohl den Nordschwarzwald, den Mittleren Schwarzwald als auch den Südschwarzwald repräsentieren.

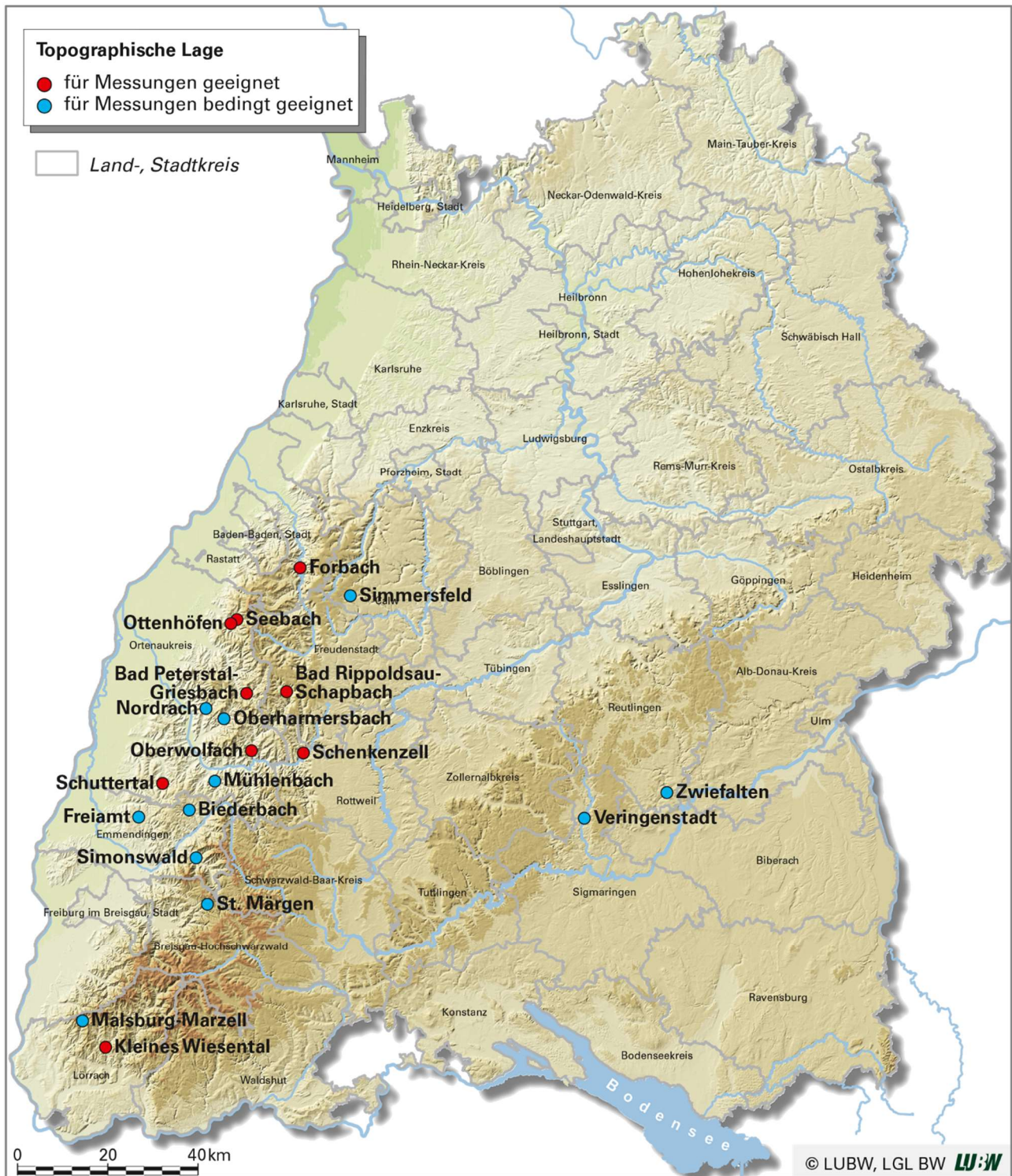


Abbildung 2-1: Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg, die auf Grund ihrer topographischen Lage für Messungen geeignet sind

3 Art und Umfang der Messungen

Zur Bestimmung der Immissionsbelastung von Feinstaub werden Messungen von Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ durchgeführt. Den Einfluss von Holzfeuerungen auf die Immissionsbelastung lässt sich an Hand ausgewählter Staubinhaltsstoffe (z. B. Benzo[a]pyren, Levoglucosan, Kalium) bestimmen.

Die LUBW hat hierzu bereits mehrere Untersuchungen durchgeführt und entsprechende Berichte erstellt. Nähere Informationen können dem LUBW-Bericht „Beitrag der Holzfeuerung zu den Partikel PM_{10} -Konzentrationen in Baden-Württemberg“ entnommen werden [LUBW, 2016].

Für Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ sowie Benzo[a]pyren sind in der 39. BImSchV Immissionsgrenzwerte bzw. ein Zielwert für ein Kalenderjahr festgelegt [39. BImSchV]. Aus diesem Grund werden die Messungen über ein Kalenderjahr gemäß den Vorgaben und Anforderungen der 39. BImSchV durchgeführt.

Für die Bestimmung der Partikel PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und Benzo[a]pyren-Konzentrationen werden die in der 39. BImSchV festgelegten Messverfahren verwendet (siehe 6.4 Anhang). Für Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ werden über das ganze Jahr Tagesmittelwerte mittels Gravimetrie bestimmt. Die Analyse von Benzo[a]pyren in der Partikelfraktion PM_{10} erfolgt im Winterhalbjahr (Januar bis März, Oktober bis Dezember) täglich und im Sommerhalbjahr alle 3 Tage.

Die Berechnung der Jahresmittelwerte von Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ erfolgt arithmetisch aus den gemessenen Tagesmittelwerten. Die Berechnung des Jahresmittelwertes von Benzo[a]pyren erfolgt arithmetisch aus den Monatsmittelwerten, da für die Monate April bis September nur für jeden 3. Tag ein Messwert vorliegt.

Die Ermittlung des Beitrages von Holzfeuerungen auf die Feinstaubbelastung erfolgte anhand der Levoglucosan-Konzentration in der Partikelfraktion PM_{10} . Die Analyse von Levoglucosan in der Partikelfraktion PM_{10} erfolgt im Winterhalbjahr (Januar bis März, Oktober bis Dezember) täglich und im Sommerhalbjahr alle 3 Tage.

Die einzelnen gemessenen Tagesmittelwerte für die drei Messstandorte stellt die LUBW auf Anforderung als Excel-Datei zur Verfügung (LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Referat 33, Postfach 100163, 76231 Karlsruhe; poststelle@lubw.bwl.de).

Die genauen Standorte der Messungen und weitere Informationen können den Dokumentationen im Anhang entnommen werden (siehe 6.5 Anhang).

4 Ergebnisse und Bewertung der Messungen von Partikel PM_{2,5} und Partikel PM₁₀ sowie Benzo[a]pyren

Die Jahresmittelwerte von Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} an den Messstandorten in Forbach, im Kleinen Wiesental und in Schuttertal im Jahr 2019 können der Abbildung 4-1 entnommen werden. Für diese Luftschadstoffe sind in der 39. BImSchV entsprechende Immissionsgrenzwerte festgelegt (siehe Tabelle 1-1). Die Messergebnisse zeigen für Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} eine sichere Einhaltung der Immissionsgrenzwerte an. Eine Überschreitung des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m³ (Tagesmittelwert) für Partikel PM₁₀ fand nicht statt.

Für Partikel PM₁₀ werden auch die strengen Leitwerte der WHO an allen drei Messstandorten eingehalten. Für Partikel PM_{2,5} wird der WHO-Leitwert von 10 µg/m³ für das Kalenderjahr nur in Schuttertal knapp nicht eingehalten. Der WHO-Leitwert für den Tag von 25 µg/m³ wurde in Forbach 5 Mal, im Kleinen Wiesental 3 Mal und in Schuttertal 16 Mal im Kalenderjahr überschritten (siehe Tabelle 1-1).

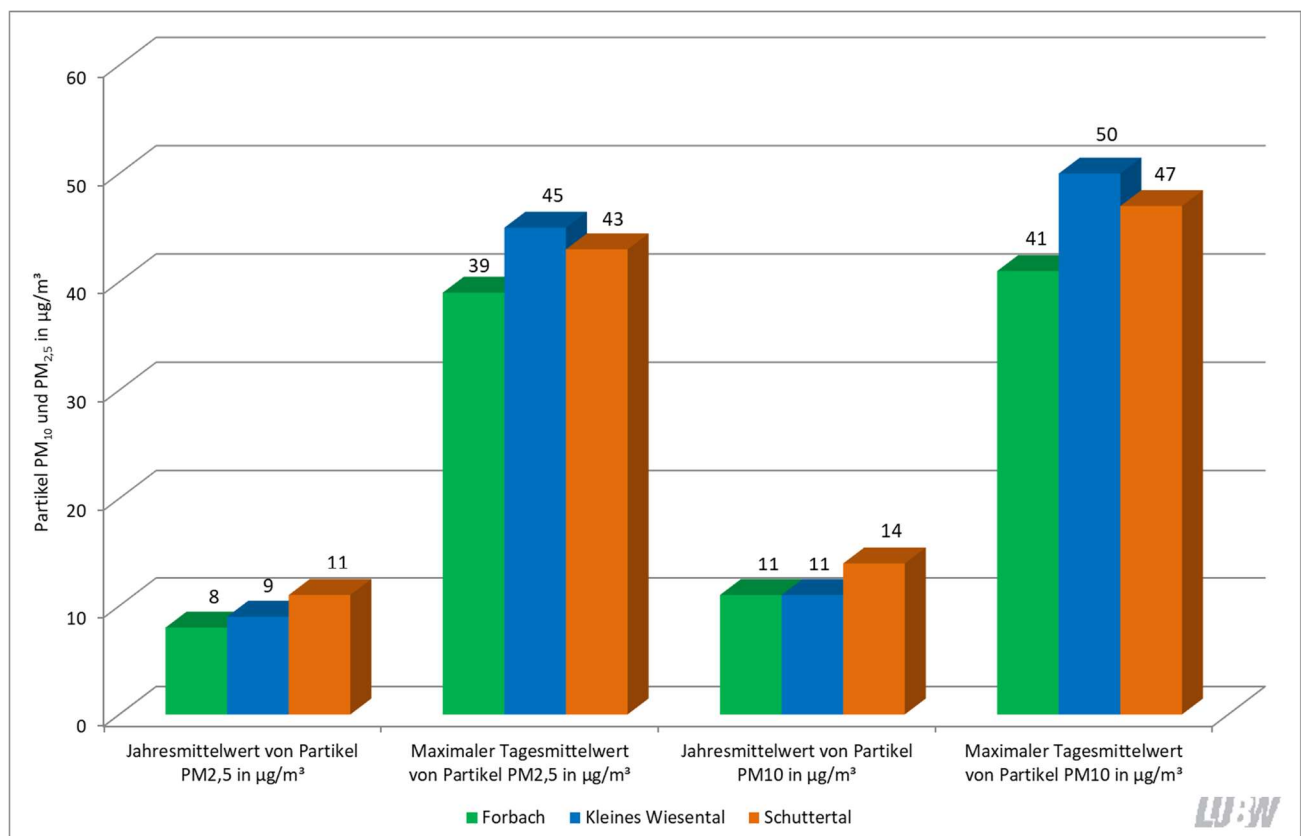


Abbildung 4-1: Jahresmittelwerte und maximale Tagesmittelwerte von Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} in den Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

In den Abbildungen 4-2 und 4-3 ist der Verlauf der Tagesmittelwerte von Partikel $PM_{2,5}$ und PM_{10} an den Messstandorten in Forbach, im Kleinen Wiesental und in Schuttertal im Jahr 2019 dargestellt.

Man erkennt in den Abbildungen 4-2 und 4-3 an allen drei Messstandorten einen nahezu identischen Verlauf der Immissionsbelastung von Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$. Auch die städtische Hintergrundmessstation in Freiburg zeigt denselben Jahresverlauf (siehe Abbildungen 4-4 und 4-5). Die Immissionsbelastung von Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ stellt daher primär ein großräumiges Phänomen dar und wird an den städtischen und ländlichen Hintergrundmessstationen im Wesentlichen durch die Meteorologie bestimmt.

Der signifikante Anstieg der Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ - Konzentrationen Ende Juni 2019 ist auf den Eintrag von Saharastaub nach Baden-Württemberg zurückzuführen. Eine Abschätzung des Beitrages von Saharastaub auf die Partikelkonzentrationen gelingt u. a. über eine Modellierung. Das Internetportal „Particulate Matter Source Apportionment Deutschland“ [PMSA, 2019] stellt eine solche Modellierung u. a. auch für Saharastaub zur Verfügung. So traten vom 25. bis zum 27.06.2019 verstärkt Einträge von Saharastaub nach Baden-Württemberg auf (siehe 5.6 Anhang).

Die etwas erhöhten Partikel PM_{10} und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen im Februar und im November 2019 in Schuttertal sind vermutlich auf lokale Einflüsse (z. B. verstärkter Einsatz von Holzfeuerungen) zurückzuführen und sind nicht über die Meteorologie erklärbar.

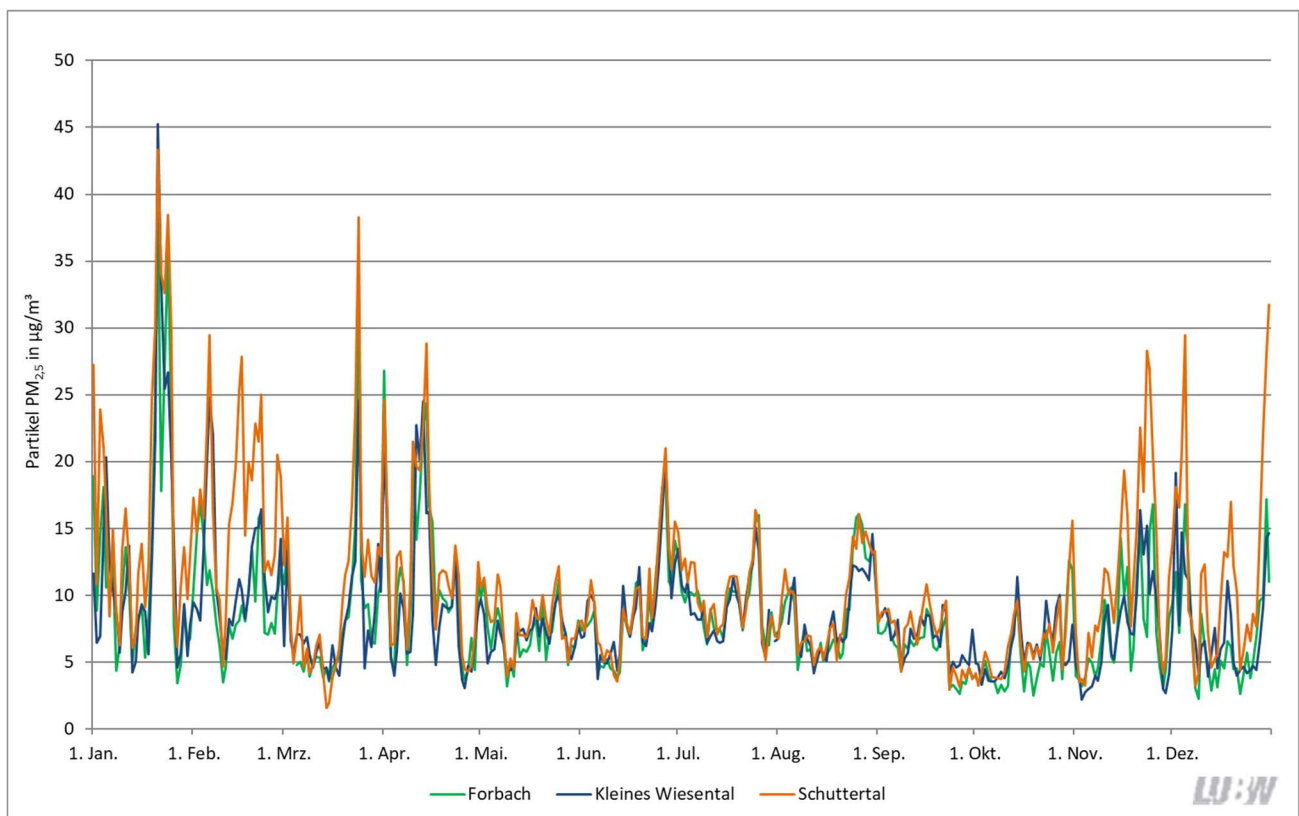


Abbildung 4-2: Tagesmittelwerte der Partikel $PM_{2,5}$ -Konzentrationen in den Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

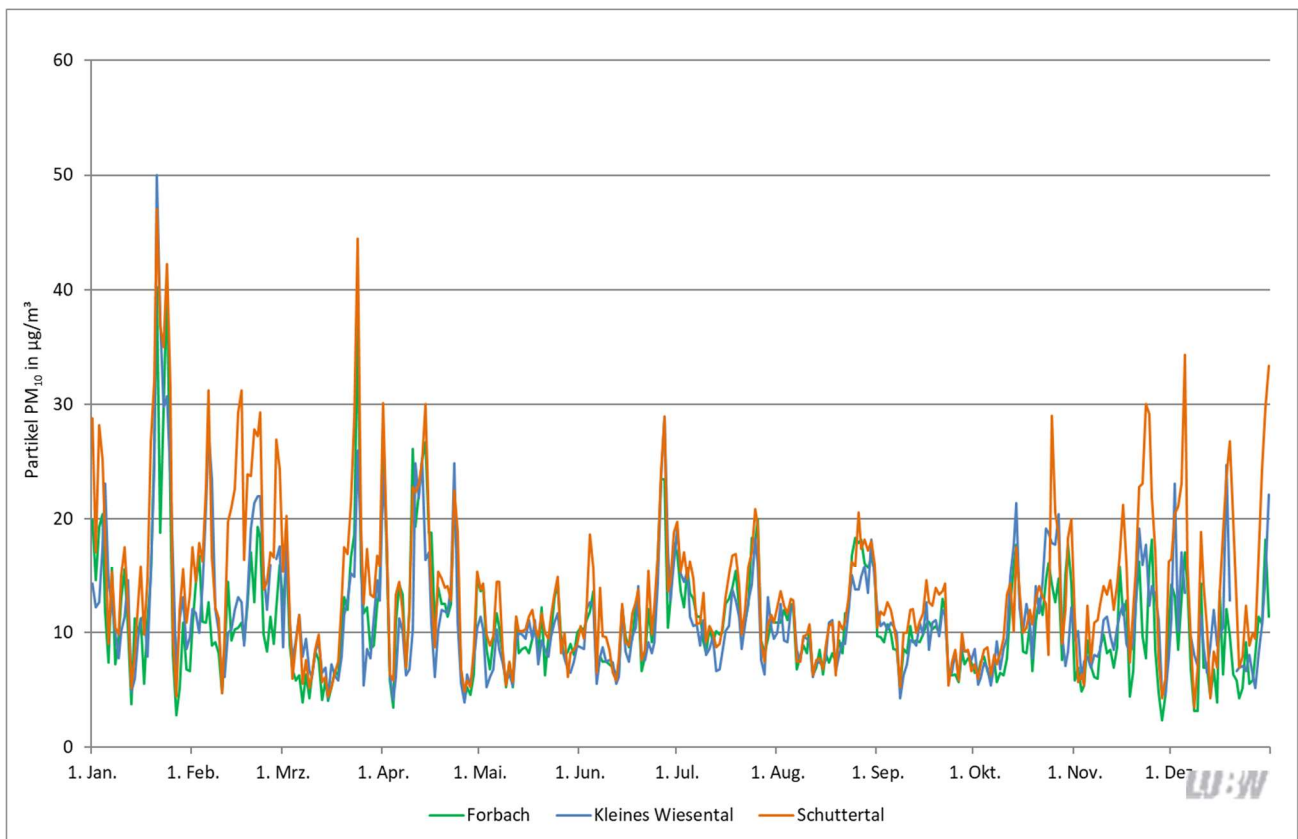


Abbildung 4-3: Tagesmittelwerte der Partikel PM₁₀-Konzentrationen in den Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

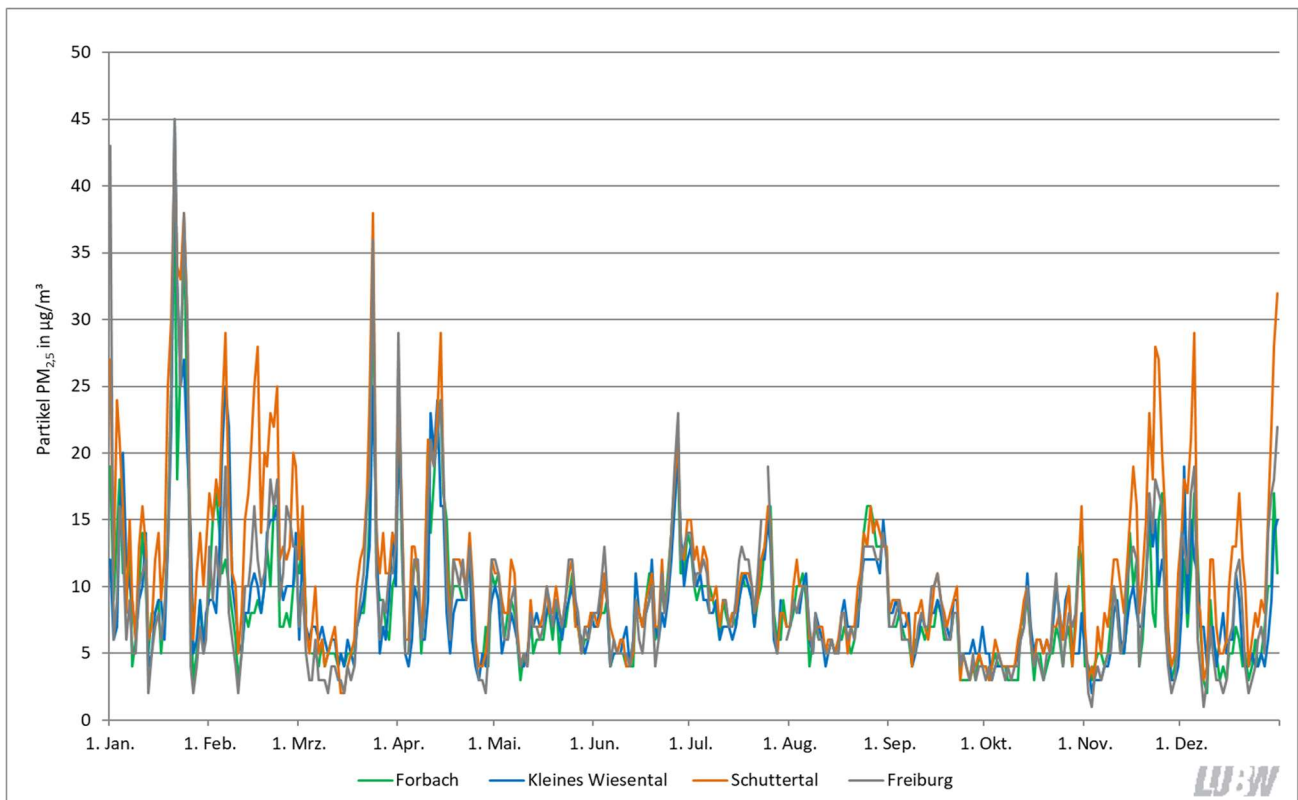


Abbildung 4-4: Tagesmittelwerte der Partikel PM_{2,5}-Konzentrationen in den Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal im Vergleich zur städtischen Hintergrundmessstation Freiburg im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

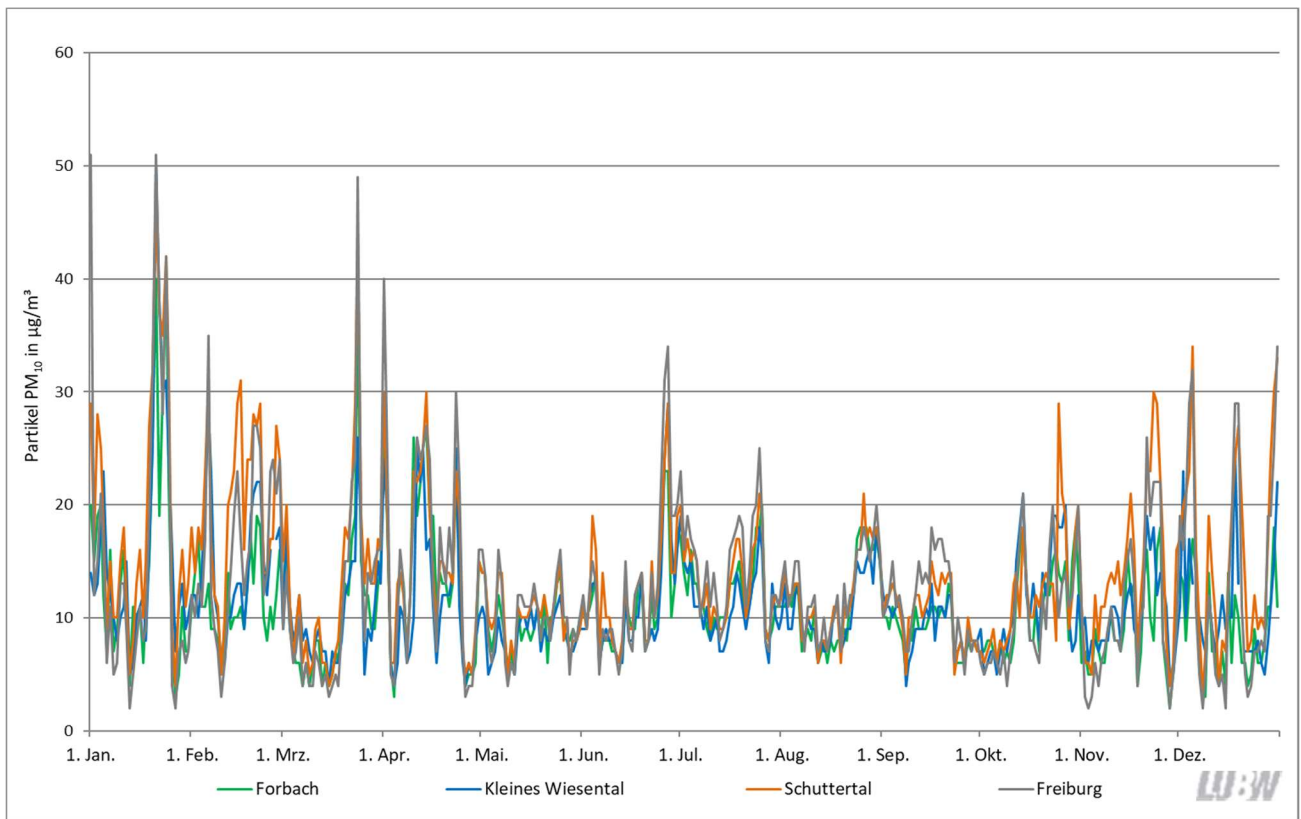


Abbildung 4-5: Tagesmittelwerte der Partikel PM_{10} -Konzentrationen in den Schwarzwaldgemeinden Forbach, Kleines Wiesental und Schuttertal im Vergleich zur städtischen Hintergrundmessstation Freiburg im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

Hohe Immissionsbelastungen von Feinstaub treten primär in den Wintermonaten bei Inversionswetterlagen auf. Bei einer Inversionswetterlage sind die oberen Luftschichten wärmer als die unteren, so dass die Austauschbedingungen zwischen den Luftschichten stark eingeschränkt sind. Inversionswetterlagen zeichnen sich durch tiefe Temperaturen, Windstille und Niederschlagsfreiheit aus.

Hohe Feinstaubkonzentrationen sind daher vornehmlich in den Wintermonaten bei niedrigen Windgeschwindigkeiten und geringen Niederschlägen zu beobachten. Demgegenüber sinkt die Immissionsbelastung signifikant bei höheren Windgeschwindigkeiten und/oder starkem Niederschlag. Dieser Zusammenhang kann den Abbildungen 4-6 bis 4-8 entnommen werden, in denen die Partikel PM_{10} -Konzentrationen (Tagesmittelwerte) der Messstandorte im Vergleich zur Windgeschwindigkeit und dem Niederschlag abgebildet ist. Die meteorologischen Daten Windgeschwindigkeit und Niederschlag stammen von ausgewählten Messstandorten des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

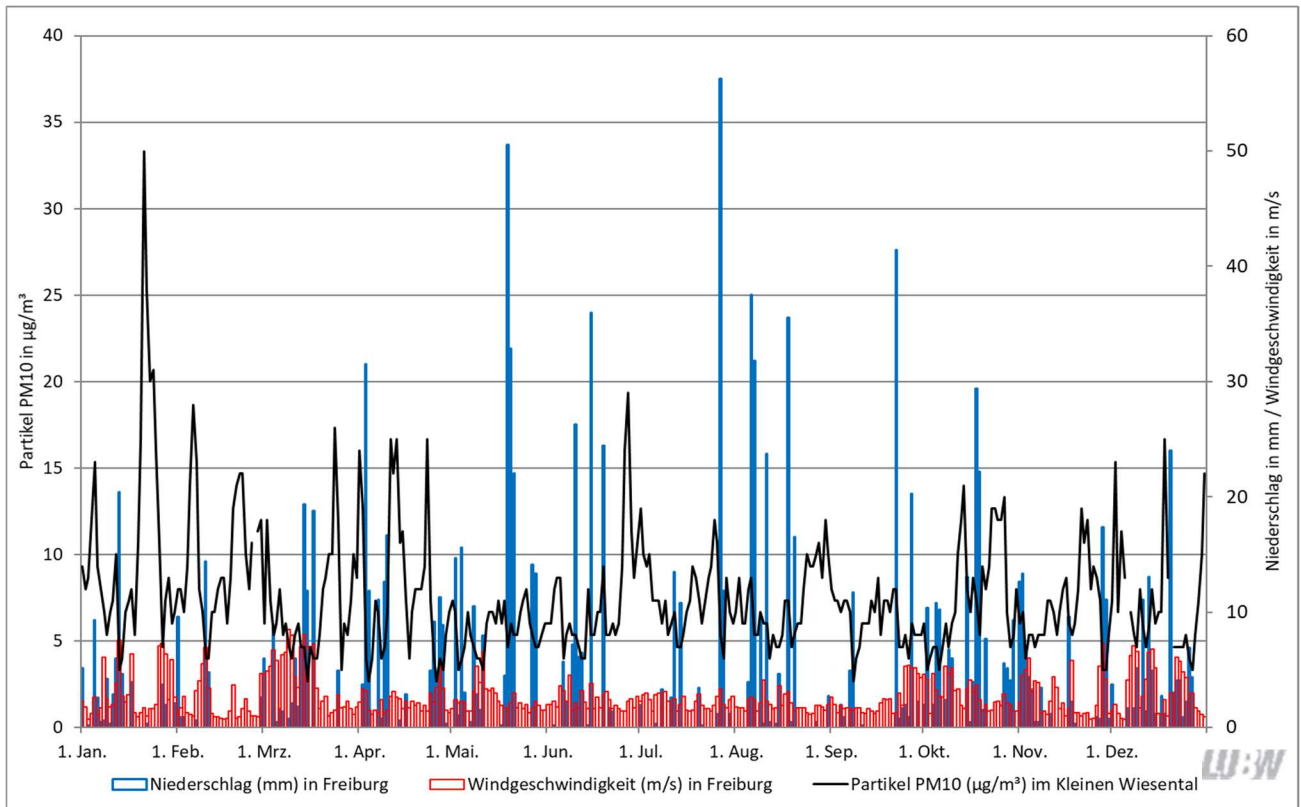


Abbildung 4-6: Vergleich von Niederschlag und Windgeschwindigkeit an der DWD-Messtation Freiburg mit den Partikelkonzentrationen PM₁₀ im Kleinen Wiesental im Jahr 2019 (Quelle: DWD, LUBW)

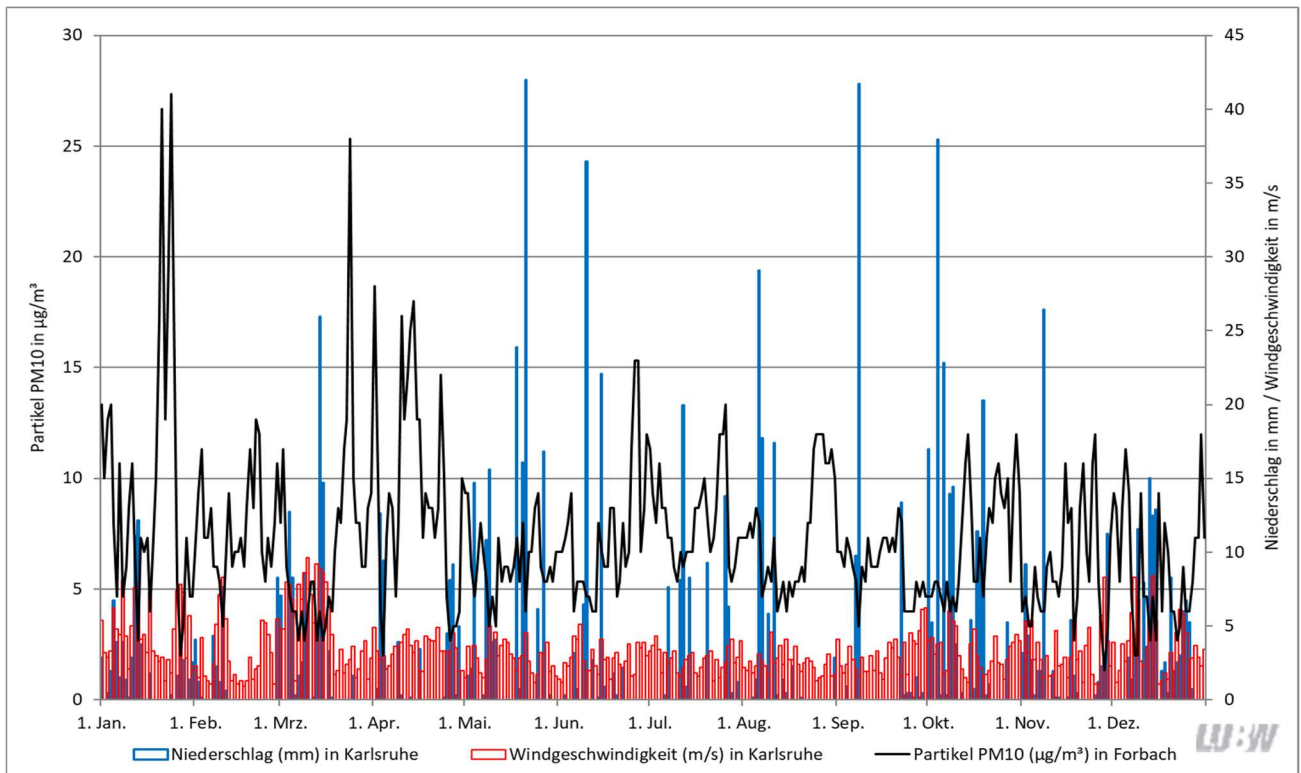


Abbildung 4-7: Vergleich von Niederschlag und Windgeschwindigkeit an der DWD-Messtation Karlsruhe mit den Partikelkonzentrationen PM₁₀ in Forbach im 1. Halbjahr 2019 (Quelle: DWD, LUBW)

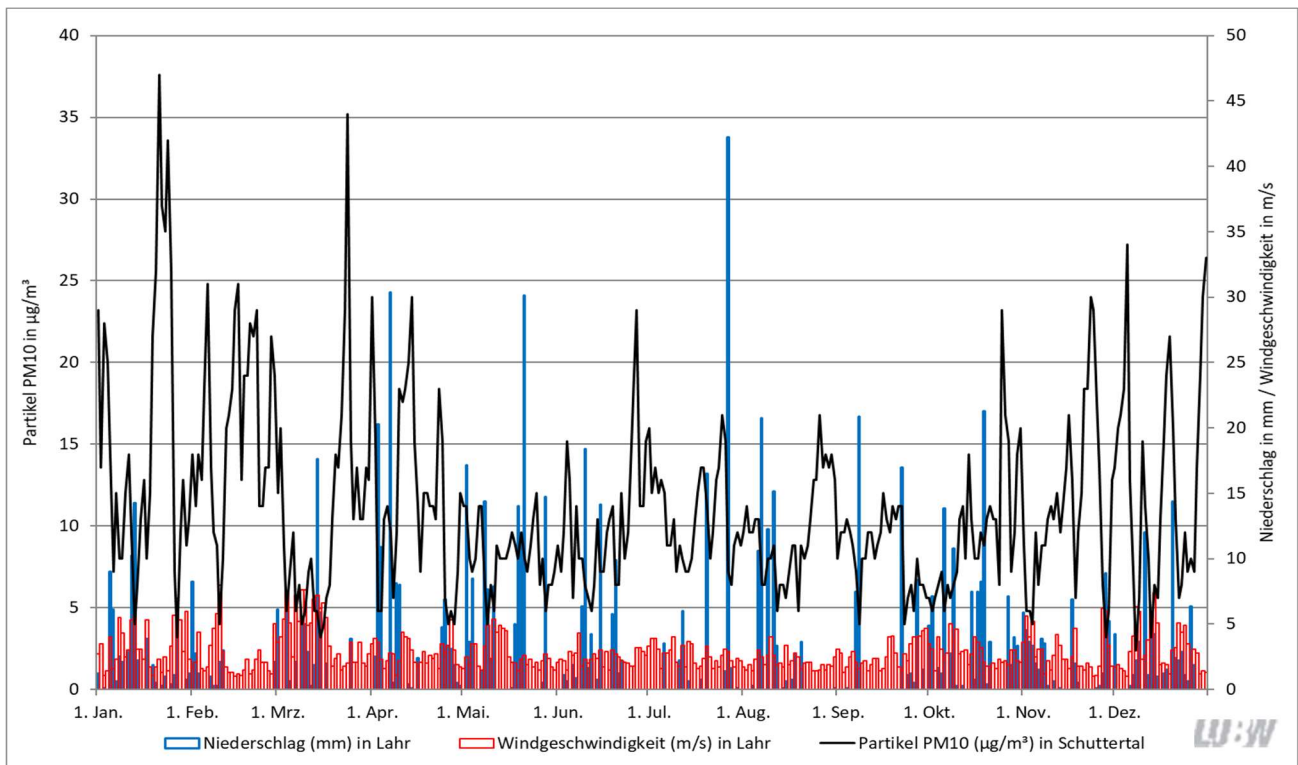


Abbildung 4-8: Vergleich von Niederschlag und Windgeschwindigkeit an der DWD-Messtation Lahr mit den Partikelkonzentrationen PM₁₀ in Schuttertal im 1. Halbjahr 2019 (Quelle: DWD, LUBW)

Die Monats- und Jahresmittelwerte von Benzo[a]pyren an den Messstandorten in Forbach, im Kleinen Wiesental und in Schuttertal im Jahr 2019 können der Abbildung 4-9 entnommen werden. Für diesen Luftschadstoff ist in der 39. BImSchV ein Zielwert von 1 ng/m³ festgelegt. Der Zielwert ist auf ein Kalenderjahr bezogen (siehe Tabelle 1-1). Die Messergebnisse zeigen für Benzo[a]pyren eine sichere Einhaltung des Zielwertes. Es wurden in der Abbildung 4-9 nur die Monatsmittelwerte angegeben, die über der Bestimmungsgrenze des Messverfahrens von 0,15 ng/m³ lagen. Der Jahresmittelwert wurde arithmetisch aus den Monatsmittelwerten berechnet, wobei für die Monate unterhalb der Bestimmungsgrenze mit der halben Bestimmungsgrenze von 0,075 ng/m³ gerechnet wurde [UBA, 2019].

Erwartungsgemäß sind die Konzentrationen von Benzo[a]pyren in der Heizperiode (Januar, Februar, November und Dezember) höher als in den Sommermonaten, da der Anteil von Benzo[a]pyren im Feinstaub durch den Emissionsbeitrag aus Holzfeuerungen dominiert wird. Die Monatsmittelwerte zeigen auch, dass in der Gemeinde Schuttertal der Emissionsbeitrag der Holzfeuerungen zur Feinstaubbelastung höher ausfällt als in den Gemeinden Forbach und Kleines Wiesental.

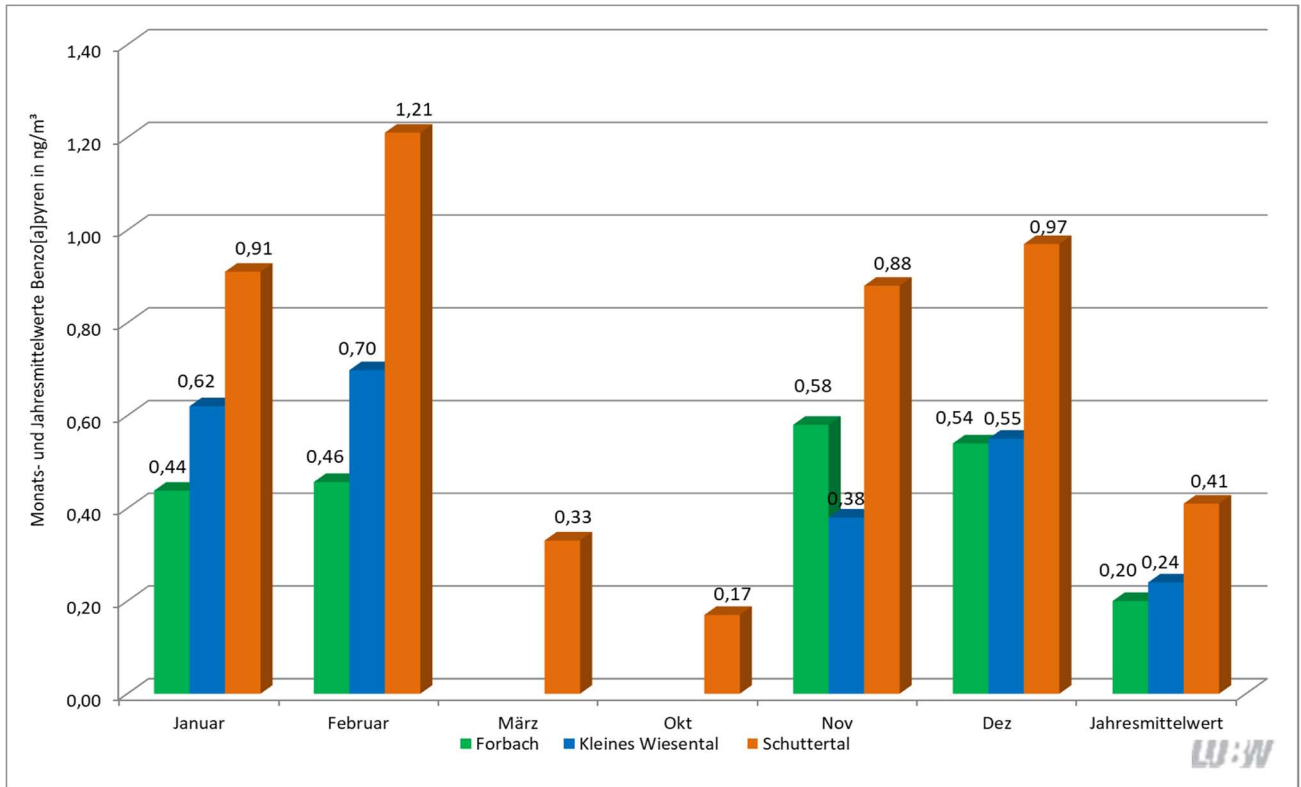


Abbildung 4-9: Monats- und Jahresmittelwerte von Benzo[a]pyren an den Messstandorten in Forbach, im Kleinen Wiesental und in Schuttertal im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

5 Ergebnisse und Bewertung der Messungen von Levoglucosan

Die Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung erfolgte anhand der Levoglucosankonzentration in der Partikelfraktion PM_{10} . Levoglucosan ist ein Anhydrozucker, der sich bei der Verbrennung von Kohlenhydraten (z.B. Stärke oder der in Holz enthaltenen Cellulose) bildet. Levoglucosan liegt im abgekühlten Abgas als Feststoff als Bestandteil von Feinstaubpartikeln vor und ist in der Atmosphäre stabil. Levoglucosan ist daher eine etablierte Indikatorsubstanz für die Biomasseverbrennung.

Zur Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung anhand der Levoglucosankonzentration muss zunächst bekannt sein, in welchem Verhältnis die Levoglucosan- und die Partikel PM_{10} -Masse in frischem (abgekühlten) Holzfeuerungsabgas typischerweise vorliegen. Anhand des Verhältnisses kann man dann aus der an einer Messstation gemessenen Levoglucosankonzentration auf den Holzfeuerungsbeitrag schließen.

Ein Vergleich von Literaturdaten und Untersuchungen der LUBW zeigt, dass das Verhältnis der Levoglucosankonzentration in der Partikelfraktion PM_{10} sehr variabel ist [LUBW, 2016]. Im vorliegenden Bericht wurde der Holzfeuerungsanteil in der Partikelfraktion PM_{10} mit einem Faktor 10 abgeschätzt. Die in der Partikelfraktion PM_{10} vorliegende Levoglucosankonzentration wurde mit dem Faktor 10 multipliziert, das den Holzfeuerungsanteil in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ergibt. Die detaillierte Berechnung und Abschätzung des Holzfeuerungsanteils in der Partikelfraktion PM_{10} kann dem LUBW-Bericht „Beitrag der Holzfeuerung zu den Partikel PM_{10} -Konzentrationen in Baden-Württemberg“ entnommen werden [LUBW, 2016].

Für die Berechnung des Holzfeuerungsanteils in der Partikelfraktion PM_{10} wurden nur die Messergebnisse für Levoglucosan verwendet, die über der Bestimmungsgrenze des Messverfahrens von $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lagen.

In den Abbildungen 5-1 bis 5-3 ist der Anteil der Holzfeuerung in der Partikelfraktion PM_{10} in Forbach, im Kleinen Wiesental und in Schuttertal im Jahr 2019 aufgeführt. Der Anteil der Holzfeuerung ist in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bezogen auf die Partikel PM_{10} -Konzentration dargestellt. Signifikante Holzfeuerungsanteile treten wie erwartet überwiegend nur in den Wintermonaten auf. In den Sommermonaten liegen die Levoglucosankonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze des Messverfahrens von $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, so dass keine Holzfeuerungsanteile bezogen auf die Partikel PM_{10} -Konzentrationen berechnet wurden.

In der Abbildung 5-4 wurde der Holzfeuerungsanteil in den Schwarzwaldgemeinden statistisch ausgewertet. In Schuttertal konnte an 154 Tagen im Jahr 2019 ein signifikanter Holzfeuerungsanteil in der Partikelfraktion PM_{10} nachgewiesen werden. In Forbach trat nur an 116 Tagen und im Kleinen Wiesental an 141 Tagen ein signifikanter Holzfeuerungsanteil in der Partikelfraktion PM_{10} auf. Beim maximalen, minimalen und mittleren Holzfeuerungsanteil lagen die Schwarzwaldgemeinden eng beieinander. Die mittleren Holzfeuerungsanteile liegen bei den Schwarzwaldgemeinden mit 24 bis 27 Prozent deutlich höher als zum Beispiel bei der städtischen Hintergrundmessstation Stuttgart-Bad Cannstatt, die einen mittleren Holzfeuerungsanteil von 15 Prozent

aufweist. Die kleinstädtisch geprägte städtische Hintergrundmessstation Gärtringen weist hingegen einen ähnlich hohen mittleren Holzfeuerungsanteil von 26 Prozent auf (siehe Abbildung 5-4).

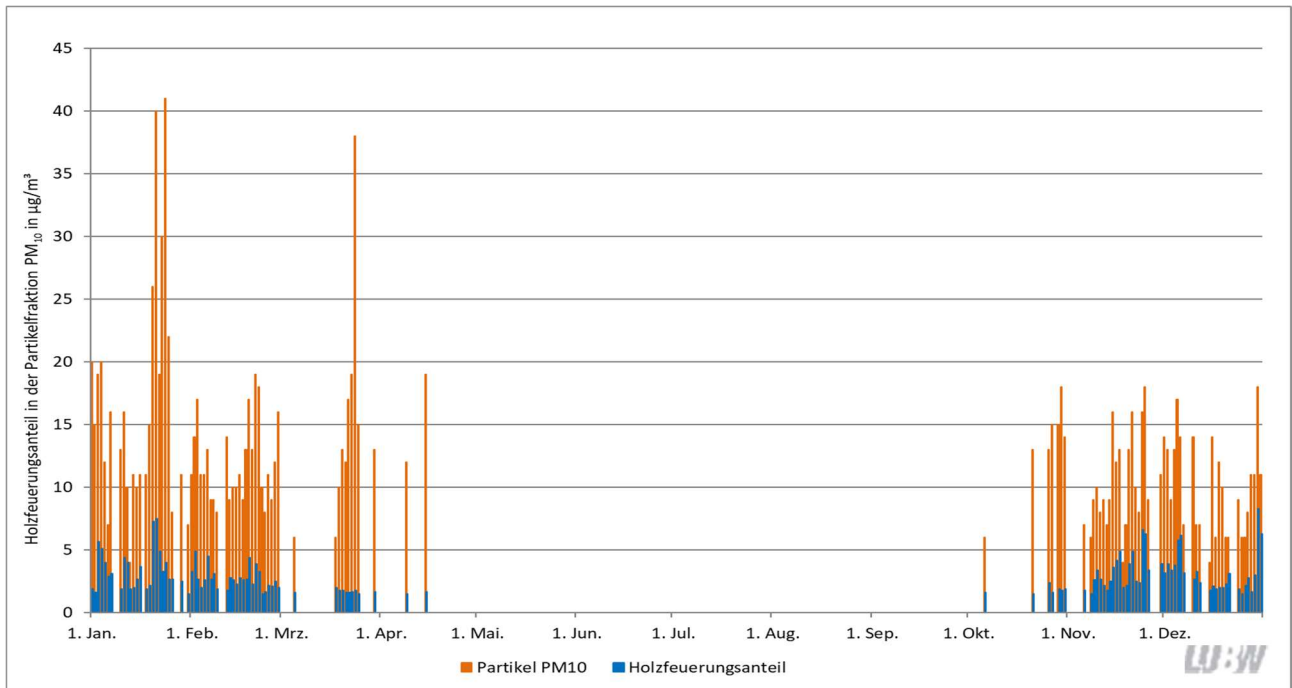


Abbildung 5-1: Anteil der Holzfeuerung in der Partikelfraktion PM_{10} in Forbach im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

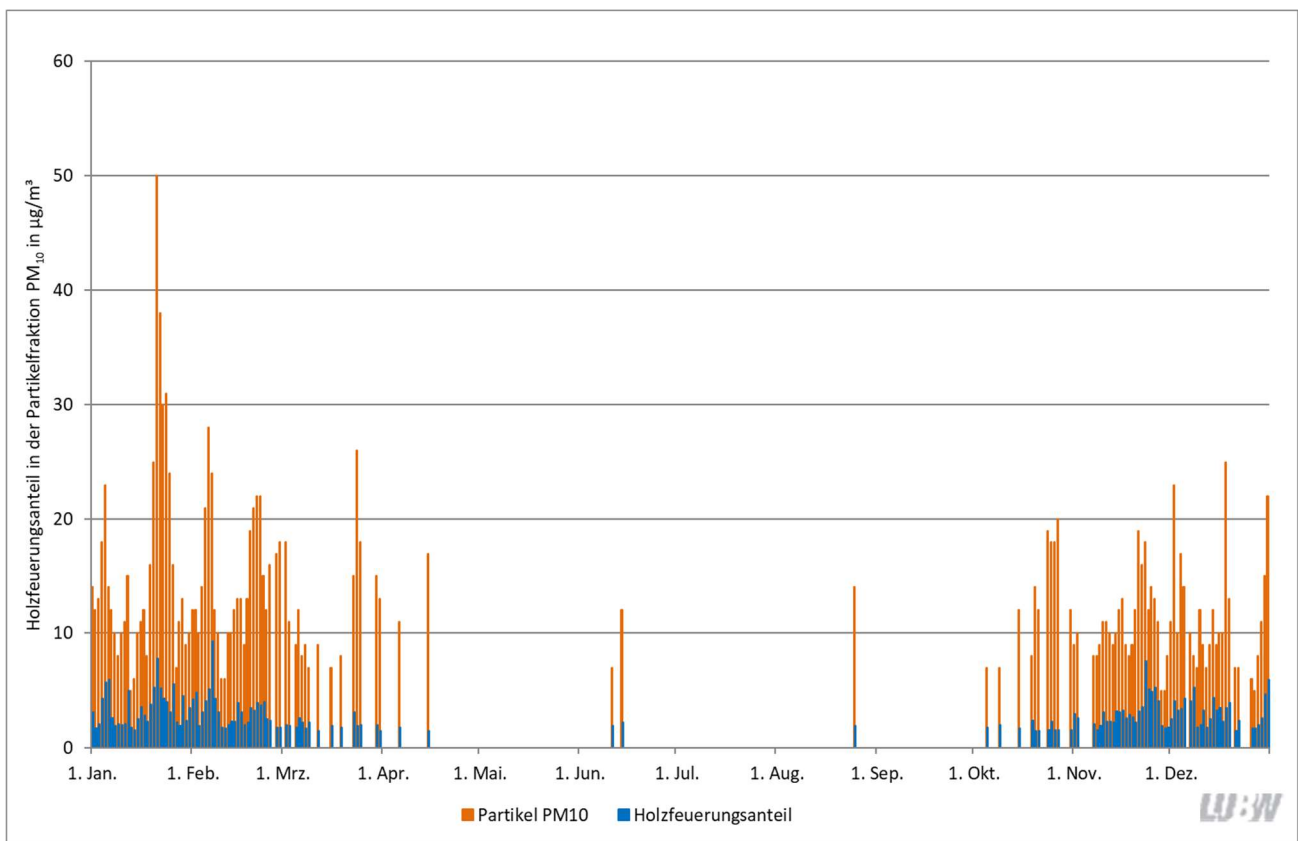


Abbildung 5-2: Anteil der Holzfeuerung in der Partikelfraktion PM_{10} im Kleinen Wiesental im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

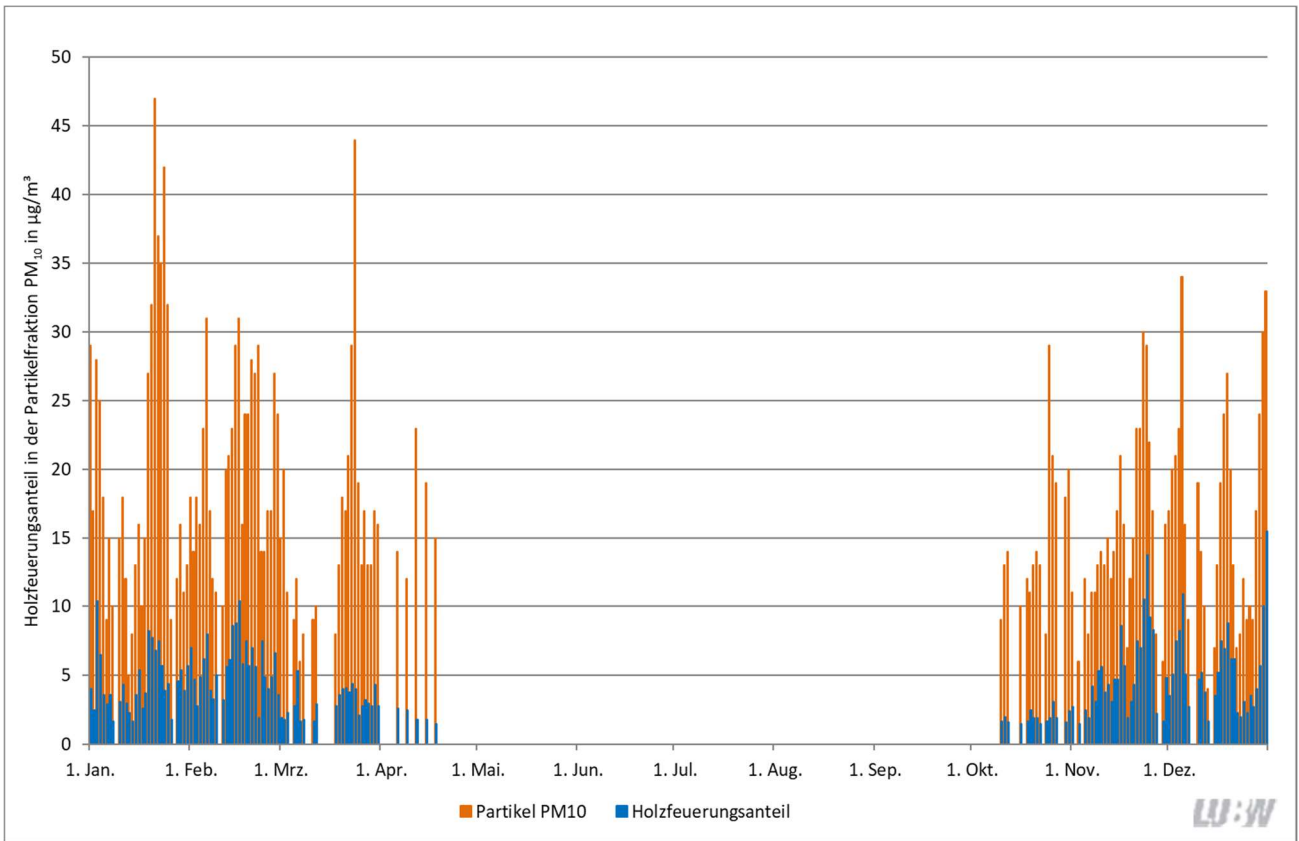


Abbildung 5-3: Anteil der Holzfeuerung in der Partikelfraktion PM₁₀ in Schuttertal im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

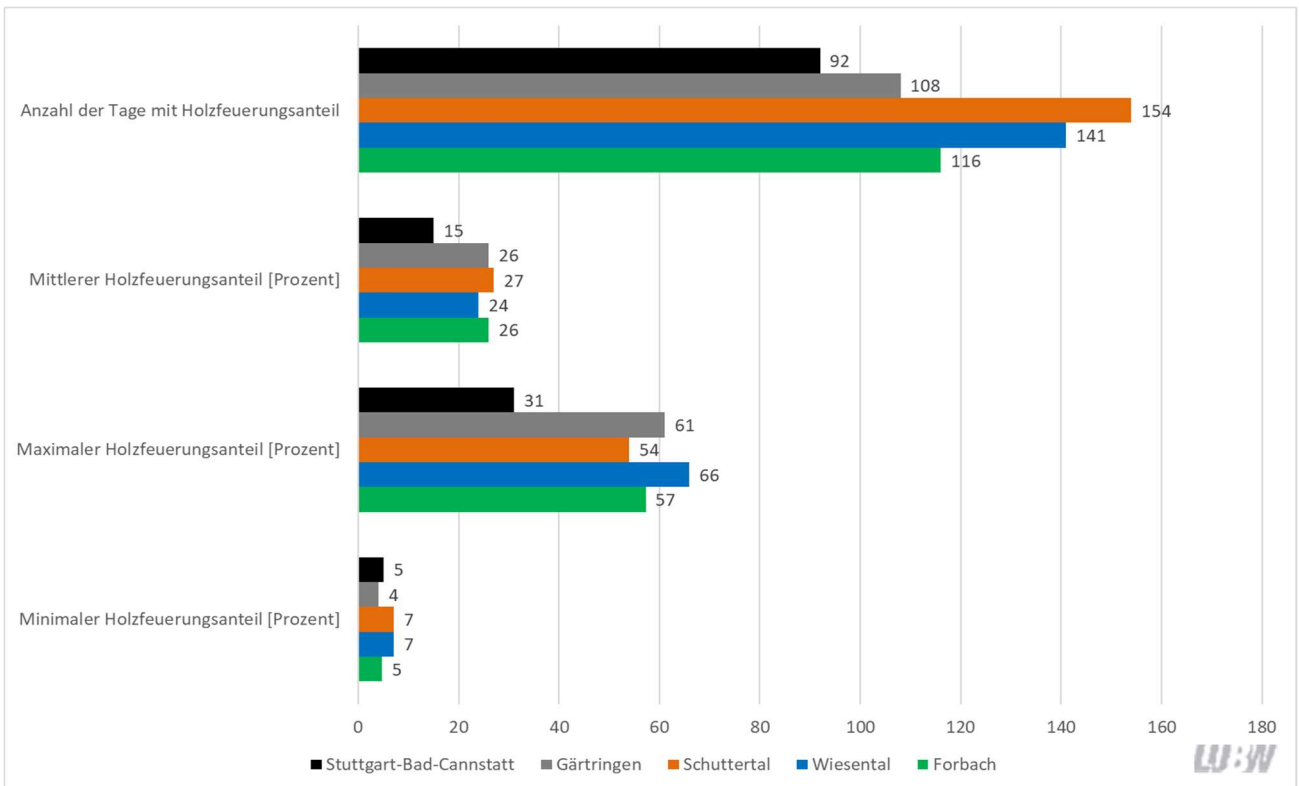


Abbildung 5-4: Statistische Auswertung des Holzfeuerungsanteils in Forbach, im Kleinen Wiesental und in Schuttertal im Vergleich zu den städtischen Hintergrundmessstationen Gärtringen und Stuttgart-Bad-Cannstatt im Jahr 2019 (Quelle: LUBW)

6 Anhang

6.1 QUELLENVERZEICHNIS

[39. BImSchV]

Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065) zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I Nr. 28, S. 1222) in Kraft getreten am 31. Juli 2018

[CLP]

Verordnung (EG) 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (Classification, Labelling and Packaging).

[LUBW, 2016]

Beitrag der Holzfeuerung zu den Partikel PM₁₀-Konzentrationen in Baden-Württemberg, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2016 (siehe: <https://pd.lubw.de/17997>)

[LUBW, 2017]

Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2014, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2017 (siehe: <https://pd.lubw.de/80585>)

[PMSA, 2019]

Particulate Matter Source Apportionment Deutschland (PMSA), IVU Umwelt GmbH Emmy-Noether-Str. 2, 79110 Freiburg (<https://pmsa.ivu-umwelt.de/pmsa/dash/1/>)

[UBA, 2019]

Handbuch Luftqualitätsdaten- und Informationsaustausch in Deutschland, Umweltbundesamt II 4.2, Version V 5, April 2019

[WHO, 2005]

WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005 - Summary of risk assessment, World Health Organization 2006 (siehe: <https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/>)

6.2 SPEZIFISCHER ENDENERGIEBEDARF VON STÄDTEN UND GEMEINDEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Stadt/Gemeinde	Verbrauch an Festbrennstoffen [TJ/Jahr]	Anzahl der Einwohner	Spezifischer Endenergiebedarf [MJ/Einwohner/Jahr]
Bad Rippoldsau-Schapbach	33	2.155	15.235
Schuttertal	42	3.161	13.288
Kleines Wiesental	38	2.843	13.247
Seebach	17	1.380	12.343
Oberwolfach	29	2.579	11.365
Schenkenzell	18	1.765	10.166
Ottenhöfen	32	3.147	10.123
Forbach	47	4.794	9.875
Bad Peterstal-Griesbach	25	2.624	9.678
Nordrach	24	1.920	12.261
Malsburg-Marzell	17	1.453	11.503
Freiamt	47	4.114	11.440
Simmersfeld	23	2.077	11.256
St. Märgen	20	1.828	11.163
Mühlenbach	17	1.665	10.400
Oberharmersbach	26	2.547	10.398
Biederbach	17	1.722	10.123
Veringenstadt	22	2.166	10.078
Zwiefalten	21	2.148	9.777
Simonswald	29	3.007	9.556
Dachsberg	19	1.335	13.902
Ahorn	30	2.200	13.459
Rosenberg	28	2.093	13.377
Langenenslingen	45	3.436	13.172
Jagstzell	30	2.296	13.117
Leibertingen	27	2.096	12.831
Obermarchtal	16	1.276	12.516
Altheim	22	1.733	12.504
Ellenberg	20	1.655	12.375
Hettingen	22	1.788	12.184
Ravenstein	34	2.820	12.155
Mulfingen	45	3.700	12.149
Creglingen	57	4.716	12.061
Weidenstetten	16	1.322	11.892

Stadt/Gemeinde	Verbrauch an Festbrennstoffen [TJ/Jahr]	Anzahl der Einwohner	Spezifischer Endenergiebedarf [MJ/Einwohner/Jahr]
Sauldorf	28	2.475	11.501
Wutach	14	1.199	11.462
Deggenhausertal	46	4.061	11.395
Rot an der Rot	50	4.405	11.391
Bühlerzell	23	2.017	11.365
Wört	15	1.351	11.183
Ebersbach-Musbach	18	1.636	11.090
Täferrot	11	1.010	10.988
Braunsbach	27	2.458	10.941
Zweiflingen	18	1.652	10.797
Hayingen	23	2.141	10.763
Pfronstetten	16	1.461	10.710
Unlingen	25	2.406	10.414
Dischingen	46	4.386	10.382
Berghülen	20	1.917	10.208
Bartholomä	21	2.046	10.142
Ingoldingen	28	2.741	10.062
Stöttlen	19	1.928	10.054
Limbach	44	4.397	10.005
Steinhausen	20	2.005	9.973
Neukirch	26	2.635	9.818
Eschach	17	1.771	9.769
Amstetten	38	3.912	9.751
Wald	25	2.580	9.741
Nellingen	18	1.870	9.684
Neuweiler	30	3.091	9.674
Dettighofen	11	1.092	9.622
Schöntal	53	5.544	9.585
Grafenhausen	21	2.198	9.549
Seewald	20	2.149	9.483
Rosenberg	25	2.668	9.429
Blaufelden	48	5.175	9.369
Gutach	21	2.237	9.293
Sulzbach-Laufen	23	2.520	9.208
Allmendingen	40	4.336	9.186
Werbach	30	3.288	9.123
Schrozberg	52	5.675	9.088

6.3 BEWERTUNG DER TOPOGRAPHIE

Stadt/Gemeinde	Anzahl Einwohner	Spezifischer Endenergiebedarf [MJ/Einwohner]	Topographie	Landkreis
Bad Rippoldsau-Schapbach	2.155	15.235	+	Freudenstadt
Schuttertal	3.161	13.288	+	Ortenaukreis
Kleines Wiesental	2.843	13.247	+	Lörrach
Seebach	1.380	12.343	+	Ortenaukreis
Oberwolfach	2.579	11.365	+	Ortenaukreis
Schenkenzell	1.765	10.166	+	Rottweil
Ottenhöfen	3.147	10.123	+	Ortenaukreis
Forbach	4.794	9.875	+	Rastatt
Bad Peterstal-Griesbach	2.624	9.678	+	Ortenaukreis
Nordrach	1.920	12.261	(+)	Ortenaukreis
Malsburg-Marzell	1.453	11.503	(+)	Lörrach
Freiamt	4.114	11.440	(+)	Emmendingen
Simmersfeld	2.077	11.256	(+)	Calw
St. Märgen	1.828	11.163	(+)	Brg.-Hochschwarzwald
Mühlenbach	1.665	10.400	(+)	Ortenaukreis
Oberharmersbach	2.547	10.398	(+)	Ortenaukreis
Biederbach	1.722	10.123	(+)	Emmendingen
Veringenstein	2.166	10.078	(+)	Sigmaringen
Zwiefalten	2.148	9.777	(+)	Reutlingen
Simonswald	3.007	9.556	(+)	Emmendingen
Dachsberg	1.335	13.902	-	Waldshut
Ahorn	2.200	13.459	-	Main-Tauber-Kreis
Rosenberg	2.093	13.377	-	Ostalbkreis
Langenenslingen	3.436	13.172	-	Biberach
Jagstzell	2.296	13.117	-	Ostalbkreis
Leibertingen	2.096	12.831	-	Sigmaringen
Obermarchtal	1.276	12.516	-	Alb-Donau-Kreis
Altheim	1.733	12.504	-	Alb-Donau-Kreis
Ellenberg	1.655	12.375	-	Ostalbkreis
Hettingen	1.788	12.184	-	Sigmaringen
Ravenstein	2.820	12.155	-	Neckar-Odenwald-Kreis
Mulfingen	3.700	12.149	-	Hohenlohekreis
Creglingen	4.716	12.061	-	Main-Tauber-Kreis
Weidenstetten	1.322	11.892	-	Alb-Donau-Kreis

Stadt/Gemeinde	Anzahl Einwohner	Spezifischer Endenergiebedarf [MJ/Einwohner]	Topographie	Landkreis
Sauldorf	2.475	11.501	-	Sigmaringen
Wutach	1.199	11.462	-	Waldshut
Deggenhausertal	4.061	11.395	-	Bodenseekreis
Rot an der Rot	4.405	11.391	-	Biberach
Bühlerzell	2.017	11.365	-	Schwäbisch Hall
Wört	1.351	11.183	-	Ostalbkreis
Ebersbach-Musbach	1.636	11.090	-	Ravensburg
Täferrot	1.010	10.988	-	Ostalbkreis
Braunsbach	2.458	10.941	-	Schwäbisch Hall
Zweiflingen	1.652	10.797	-	Hohenlohekreis
Hayingen	2.141	10.763	-	Reutlingen
Pfronstetten	1.461	10.710	-	Reutlingen
Unlingen	2.406	10.414	-	Biberach
Dischingen	4.386	10.382	-	Heidenheim
Berghülen	1.917	10.208	-	Alb-Donau-Kreis
Bartholomä	2.046	10.142	-	Ostalbkreis
Ingoldingen	2.741	10.062	-	Biberach
Stöttlen	1.928	10.054	-	Ostalbkreis
Limbach	4.397	10.005	-	Neckar-Odenwald-Kreis
Steinhausen	2.005	9.973	-	Biberach
Neukirch	2.635	9.818	-	Bodenseekreis
Eschach	1.771	9.769	-	Ostalbkreis
Amstetten	3.912	9.751	-	Alb-Donau-Kreis
Wald	2.580	9.741	-	Sigmaringen
Nellingen	1.870	9.684	-	Alb-Donau-Kreis
Neuweiler	3.091	9.674	-	Calw
Dettighofen	1.092	9.622	-	Waldshut
Schöntal	5.544	9.585	-	Hohenlohekreis
Grafenhausen	2.198	9.549	-	Waldshut
Seewald	2.149	9.483	-	Freudenstadt
Rosenberg	2.668	9.429	-	Ostalbkreis
Blaufelden	5.175	9.369	-	Schwäbisch Hall
Gutach	2.237	9.293	-	Ortenaukreis
Sulzbach-Laufen	2.520	9.208	-	Schwäbisch Hall
Allmendingen	4.336	9.186	-	Alb-Donau-Kreis
Werbach	3.288	9.123	-	Main-Tauber-Kreis
Schrozberg	5.675	9.088	-	Schwäbisch Hall

Messung von Partikel PM₁₀ mit Gravimetrie

DIN EN 12341: Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM₁₀-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmethode; Deutsche Fassung EN 12341:1998

Messung von Partikel PM_{2,5} mit Gravimetrie

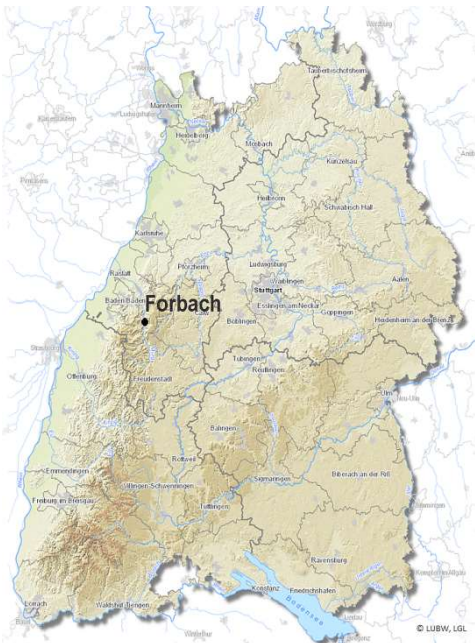
DIN EN 14907: Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM_{2,5}-Massenfraktion des Schwebstaubs; Deutsche Fassung EN 14907:2005

Messung von Benzo[a]pyren in der Partikel PM₁₀- Fraktion

DIN EN 15549: Luftbeschaffenheit – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft; Deutsche Fassung EN 15549:2008

Messung von Levoglucosan in der Partikel PM₁₀- Fraktion

VDI 2444: Außenluft - Messen von Levoglucosan - Chromatografisches Verfahren, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5: Analysen- und Messverfahren II, März 2020



Probenahmestelle Forbach



Dokumentation gemäß der 39. BImSchV, Anlage 3, Abschnitt D für Messeinrichtungen der LUBW zur Erfassung der Luftqualität in Baden-Württemberg

Stationsinformationen		Gemessene Luftschadstoffe				
Stationsname	Forbach		konti	gravi	passiv	Messhöhe
Messnetz	Schwarzwaldtäler	Feinstaub PM10	X	X	-	2.53 m
Stationstyp	ländlicher Hintergrund	Feinstaub PM2,5	X	X	-	2.53 m
Adresse Straße	Stried 14 am Parkplatz	Schwermetalle in PM10	-	-	-	-
Adresse PLZ	76596	Benzo[a]pyren in PM10	-	X	-	2.53 m
Adresse Ort	Forbach					
UTM32_OST	452919					
UTM32_Nord	5391977					
WGS84_OST	8°21'37.48"					
WGS84_NORD	48°40'44.62"					
Höhe über NN	291					
EU-Kennung	323					
Messbeginn	1.1.2019					
Messende	31.12.2019					
		Weitere Staubinhaltsstoffe				
		Levoglucosan	-	X	-	2.53 m
		Kalium	-	X	-	2.53 m
		EC / OC	-	X	-	2.53 m

Lage der Probenahmestelle Forbach



Blickrichtung Nord



Blickrichtung Süd



Blickrichtung West



Blickrichtung Ost



Kleinräumige Standortkriterien

Luftstrom um die Messeinlässe nicht beeinträchtigt	erfüllt (siehe Fotos)
Keine Hindernisse (u. a. Gebäude, Balkone, Bäume) im Umfeld der Messeinlässe (Abstand mehrere Meter)	erfüllt (siehe Fotos)
Abstand zum nächsten Gebäude > 0,5 m (bezogen auf NO ₂)	erfüllt
Messeinlässe in einer Höhe zwischen 1,50 m und 4,00 m (siehe Tabelle "Gemessene Luftschadstoffe" auf Seite 1)	erfüllt
Messeinlässe nicht in unmittelbarer Nähe von Emissionsquellen	erfüllt
Wiedereintritt der Abluft der Probenahmeeinrichtung in die Messeinlässe ist vermieden	erfüllt
nur für verkehrsnah Standorte	
Abstand zum Fahrbahnrand höchstens 10 m (bezogen auf NO ₂)	kein Kriterium
Abstand zur nächsten verkehrsreichen Kreuzung mindestens 25 m (bezogen auf NO ₂)	kein Kriterium

Abweichungen von den o.g. Kriterien

Kein Eintrag

Bemerkungen, Besonderheiten am Standort

Kein Eintrag

Konzeption der Luftschadstoffmessungen in Baden-Württemberg

Wie misst die LUBW? (FAQs): <https://www.lubw.de/web/guest/luft/wie-misst-die-lubw-faqs>

BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BILDNACHWEIS	LUBW
STAND	September 2019



Probenahmestelle Kleines Wiesental



Dokumentation gemäß der 39. BImSchV, Anlage 3, Abschnitt D für Messeinrichtungen der LUBW zur Erfassung der Luftqualität in Baden-Württemberg

Stationsinformationen	
Stationsname	Kleines Wiesental
Messnetz	Schwarzwaldtäler
Stationstyp	ländlicher Hintergrund
Adresse Straße	Ortsstraße 10
Adresse PLZ	79692
Adresse Ort	Kleines Wiesental
UTM32_OST	409572
UTM32_Nord	5285911
WGS84_OST	7°47'39.29"
WGS84_NORD	47°43'12.87"
Höhe über NN	446
EU-Kennung	325
Messbeginn	01.01.2019
Messende	31.12.2019

Gemessene Luftschadstoffe	konti gravi passiv			Messhöhe
Feinstaub PM ₁₀	-	X	-	2.53 m
Feinstaub PM _{2,5}	-	X	-	2.53 m
Benzo[a]pyren in PM ₁₀	-	X	-	2.53 m
Weitere Staubinhaltsstoffe				
Levoglucosan	-	X	-	2.53 m
Kalium	-	X	-	2.53 m
EC / OC	-	X	-	2.53 m

Lage der Probenahmestelle Kleines Wiesental



Blickrichtung Nord



Blickrichtung Süd



Blickrichtung West



Blickrichtung Ost



Kleinräumige Standortkriterien

Luftstrom um die Messeinlässe nicht beeinträchtigt	erfüllt (siehe Fotos)
Keine Hindernisse (u. a. Gebäude, Balkone, Bäume) im Umfeld der Messeinlässe (Abstand mehrere Meter)	erfüllt (siehe Fotos)
Abstand zum nächsten Gebäude > 0,5 m (bezogen auf NO ₂)	erfüllt
Messeinlässe in einer Höhe zwischen 1,50 m und 4,00 m (siehe Tabelle "Gemessene Luftschadstoffe" auf Seite 1)	erfüllt
Messeinlässe nicht in unmittelbarer Nähe von Emissionsquellen	erfüllt
Wiedereintritt der Abluft der Probenahmeeinrichtung in die Messeinlässe ist vermieden	erfüllt
nur für verkehrsnah Standorte	
Abstand zum Fahrbahnrand höchstens 10 m (bezogen auf NO ₂)	kein Kriterium
Abstand zur nächsten verkehrsreichen Kreuzung mindestens 25 m (bezogen auf NO ₂)	kein Kriterium

Abweichungen von den o.g. Kriterien

Kein Eintrag

Bemerkungen, Besonderheiten am Standort

Kein Eintrag

Konzeption der Luftschadstoffmessungen in Baden-Württemberg

Wie misst die LUBW? (FAQs): <https://www.lubw.de/web/guest/luft/wie-misst-die-lubw-faqs>

BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BILDNACHWEIS	LUBW
STAND	August 2019



Probenahmestelle Schuttertal



Dokumentation gemäß der 39. BImSchV, Anlage 3, Abschnitt D für Messeinrichtungen der LUBW zur Erfassung der Luftqualität in Baden-Württemberg

Stationsinformationen	
Stationsname	Schuttertal
Messnetz	Schwarzwaldtäler
Stationstyp	ländlicher Hintergrund
Adresse Straße	Modoscher Straße 1 Grundschule
Adresse PLZ	77978
Adresse Ort	Schuttertal
UTM32_OST	422447
UTM32_Nord	5346906
WGS84_OST	7°57'17.53"
WGS84_NORD	48°16'14.18"
Höhe über NN	246
EU-Kennung	324
Messbeginn	01.01.2019
Messende	31.12.2019

Gemessene Luftschadstoffe				
	konti	gravi	passiv	Messhöhe
Feinstaub PM ₁₀	-	X	-	2.53 m
Feinstaub PM _{2,5}	-	X	-	2.53 m
Benzo[a]pyren in PM ₁₀	-	X	-	2.53 m
Weitere Staubinhaltsstoffe				
Levogluconan	-	X	-	2.53 m
Kalium	-	X	-	2.53 m
EC / OC	-	X	-	2.53 m



Blickrichtung Nord



Blickrichtung Süd



Blickrichtung West



Blickrichtung Ost



Kleinräumige Standortkriterien

Luftstrom um die Messeinlässe nicht beeinträchtigt	erfüllt (siehe Fotos)
Keine Hindernisse (u. a. Gebäude, Balkone, Bäume) im Umfeld der Messeinlässe (Abstand mehrere Meter)	erfüllt (siehe Fotos)
Abstand zum nächsten Gebäude > 0,5 m (bezogen auf NO ₂)	erfüllt
Messeinlässe in einer Höhe zwischen 1,50 m und 4,00 m (siehe Tabelle "Gemessene Luftschadstoffe" auf Seite 1)	erfüllt
Messeinlässe nicht in unmittelbarer Nähe von Emissionsquellen	erfüllt
Wiedereintritt der Abluft der Probenahmeeinrichtung in die Messeinlässe ist vermieden	erfüllt
nur für verkehrsnah Standorte	
Abstand zum Fahrbahnrand höchstens 10 m (bezogen auf NO ₂)	kein Kriterium
Abstand zur nächsten verkehrsreichen Kreuzung mindestens 25 m (bezogen auf NO ₂)	kein Kriterium

Abweichungen von den o.g. Kriterien

Kein Eintrag

Bemerkungen, Besonderheiten am Standort

kein Eintrag

Konzeption der Luftschadstoffmessungen in Baden-Württemberg

Wie misst die LUBW? (FAQs): <https://www.lubw.de/web/quest/luft/wie-misst-die-lubw-faqs>

BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BILDNACHWEIS	LUBW
STAND	August 2019

